

日 本 国 特 許 庁

EU

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

11.10.00

10/089719

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年10月12日

REC'D 04 DEC 2000

WIPO

PCT

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第289736号

出 願 人

Applicant (s):

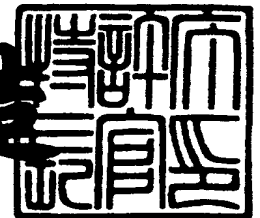
住友電気工業株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年11月17日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3094856

【書類名】 特許願
 【整理番号】 099Y0214
 【提出日】 平成11年10月12日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 C03B 37/027
 G02B 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
 社 横浜製作所内

【氏名】 永山 勝也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
 社 横浜製作所内

【氏名】 大賀 裕一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
 社 横浜製作所内

【氏名】 桑原 一也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
 社 横浜製作所内

【氏名】 土屋 一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの製造方法であって、

He ガスからなる雰囲気にて前記光ファイバ母材を加熱線引きする線引き炉と、前記線引き炉との間に所定の間隙を有して設けられると共に、その内部が前記 He ガスより低い熱伝導率を有する所定のガスからなる雰囲気とされた保護管と、を用い、

前記線引き炉と前記保護管との間の前記間隙を、前記 He ガス及び前記所定のガスが混在するガス混在層とし、

前記ガス混在層への前記線引きされた光ファイバの入線温度を 1 4 0 0 ~ 1 8 0 0 ℃ の範囲内の温度とする一方、前記線引き炉にて前記線引きされた光ファイバを、前記ガス混在層を介して前記保護管内に送ることを特徴とする光ファイバの製造方法。

【請求項 2】 前記ガス混在層を外気と区画するための隔壁を設け、

前記隔壁に、少なくとも前記 He ガスを排出するためのガス排出部を形成し、

前記ガス排出部から少なくとも前記 He ガスを外気に排出することを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバの製造方法。

【請求項 3】 前記隔壁に、前記所定のガスを導入するためのガス導入部を形成し、

前記ガス導入部から前記所定のガスを前記隔壁内に導入することを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバの製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

光ファイバの低コスト化等の要請から、太径（例えば 7 0 m m ϕ ）の光ファイバ母材から光ファイバを線引きする線引技術も一般的になってきている。このように、太径の光ファイバ母材を線引きする場合には、ネックダウン周辺の空間が大きくなり、この空間を流れるガスの温度分布が不均一となるので、該ガスの流れ乱れが生じ、光ファイバ径の変動が大きくなるため、線引き炉内の雰囲気ガスとして熱伝導率の高い H e ガスを用いることがある。

【 0 0 0 3 】

また、線引き炉の下の外気の流れの乱れによる光ファイバ径の変動を防ぐため、線引き炉に炉心管延長部（下煙突とも呼称される）を設けて、線引き直後の光ファイバを外気から隔離する技術も知られている。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、線引き炉内の雰囲気ガスとして熱伝導率の高い H e ガスを用いた場合においても、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバを製造することが可能な光ファイバの製造方法を提供することを課題としている。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバの製造方法について鋭意研究を行った結果、レイリー散乱強度と線引き後の光ファイバの冷却速度との関係について、以下のような事実を新たに見出した。

【 0 0 0 6 】

高温のガラス内では熱エネルギーにより原子は激しく振動しており、低温のガラスに比べて原子配列は乱雑な状態となっている。高温のガラスをゆっくり冷却した場合には、原子の再配列が許される温度範囲では、原子は各温度に対応した乱雑さに配列しながら冷却されるので、ガラス内の原子の乱雑さは構造緩和が進行する最低温度（1 2 0 0 $^{\circ}$ C 程度）に対応した状態となる。しかし、高温のガラ

スを急激に冷却した場合には、原子配列が各温度に対応した平衡状態に達する前に冷却固定されるために、徐冷した場合に比べて原子配列は乱雑な状態となる。レイリー散乱強度は同一の物質でも原子配列が乱雑な方が大きくなり、通常、線引き後に 5000～30000℃/秒の冷却速度で冷却される光ファイバでは、バルクガラスに比べて原子配列が乱雑で、仮想温度が高い状態になっており、これが原因でレイリー散乱強度が大きくなっていると考えられる。

【0007】

一方、構造緩和に要する時間は温度が低くなるほど長くなるため、例えば 1200℃程度ではその温度に数十時間維持しておかないと構造緩和が起こらない。線引き後の光ファイバは、通常 0. 数秒で約 2000℃から 400℃程度にまで冷却されるため、線引き工程中の光ファイバが冷却される短時間の間に仮想温度を低くして、1200℃に近づけるためには、1200℃よりも高温の状態です徐冷する必要がある。

【0008】

そこで、本発明者らは線引き後の光ファイバ温度及び冷却速度に着目して、純石英コアファイバの温度が、上述した構造緩和が進行する最低温度（1200℃程度）よりも高温且つ構造緩和が極めて短時間で進行する 1700℃以下の 1200～1700℃になっている部分での冷却速度とレイリー散乱率との関係を調査した。その結果、純石英コアファイバの温度が 1200～1700℃となっている部分での冷却速度とレイリー散乱率の間には、図 6 に示されるような関係が存在していることが確認された。なお、レイリー散乱強度（I）は下記（1）式に示すように波長（ λ ）の 4 乗に反比例する性質を有しており、この時の率 A をレイリー散乱率としている。

【0009】

$$I = A / \lambda^4 \quad \dots\dots\dots (1)$$

【0010】

これらの結果から、加熱線引きされた光ファイバ、特に光ファイバの温度が 1200～1700℃となっている部分のうちの所定区間での冷却速度を遅くすることにより、光ファイバのレイリー散乱強度を低減して、伝送損失を低くするこ

とができるということが判明した。

【0011】

また、発明者らは、下煙突の長さや伝送損失との関係についても新たに見出した。下煙突の長さを比較的長く設定した場合には、熱伝導率の高いHeガスにより光ファイバが下煙突内で急冷されるため、光ファイバのレイリー散乱強度を低減できず、伝送損失が高くなってしまう。

【0012】

一方、光ファイバの下煙突内におけるHeガスによる急冷を抑制するために下煙突の長さを短く設定した場合には、下煙突から出た光ファイバはHeガスより熱伝導率の低い外気（空気）により徐冷されるために、光ファイバのレイリー散乱強度を低減して、伝送損失が低くなる。しかしながら、この場合には、光ファイバが流れの不安定な外気に触れてしまうために、光ファイバ径の変動が大きくなるという問題を有することになる。

【0013】

ところで、ハーメチックコートファイバの製造方法及び製造装置として、同一出願人による特開平6-48780号公報が存在する。この特開平6-48780号公報に記載されている技術では、線引き炉内をHeガス雰囲気とすると共に、線引き炉下部に設けられた反応管内において原料ガス（炭化水素）を分解し、光ファイバ表面にハーメチックコーティングするもので、線引き炉下部と反応管との間に緩衝室を設け、この緩衝室により、Heガスを外部に排出している。しかしながら、この特開平6-48780号公報には、本発明者が新たに見出した、光ファイバの温度が1200～1700℃となっている部分のうちの所定区間での冷却速度を遅くすることにより、光ファイバのレイリー散乱強度を低減して、伝送損失を低くすることができる点については、開示、示唆されていない。

【0014】

かかる研究結果を踏まえ、本発明に係る光ファイバの製造方法は、光ファイバ母材を加熱線引きする光ファイバの製造方法であって、Heガスからなる雰囲気にて光ファイバ母材を加熱線引きする線引き炉と、線引き炉との間に所定の隙を有して設けられると共に、その内部がHeガスより低い熱伝導率を有する所定

のガスからなる雰囲気とされた保護管と、を用い、線引き炉と保護管との間の間隙を、Heガス及び所定のガスが混在するガス混在層とし、ガス混在層への線引きされた光ファイバの入線温度を1400～1800℃の範囲内の温度とする一方、線引き炉にて線引きされた光ファイバを、ガス混在層を介して保護管内に送ることを特徴としている。

【0015】

本発明に係る光ファイバの製造方法では、保護管を線引き炉との間に所定の間隔を有して設け、更に、この保護管と線引き炉との間の間隔を、所定の熱伝導率を有する第1ガス及び所定の熱伝導率を有する第2ガスが混在するガス混在層としているため、線引き炉内においてはHeガスからなる雰囲気が保たれることになり、また、保護管内においては所定のガスからなる雰囲気が保たれることになり、保護管内での光ファイバの冷却速度を遅くすることができる。特に、線引きされた光ファイバのガス混在層への入線温度を、1400～1800℃の範囲内の温度としているため、光ファイバの温度が1200～1700℃となっている部分のうちの所定区間での冷却速度が遅くなる。この結果、光ファイバの仮想温度が低くなり、原子配列の乱雑さが低減されることになり、加熱線引きから樹脂被覆までの極めて短い間で、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバの製造が可能となる。

【0016】

また、保護管を線引き炉との間にガス混在層が存在しているため、線引き炉内にて発生するダストの保護管内への侵入を抑制することができると共に、線引き炉と保護管との間での外気の流れの乱れの影響が受け難くなり、光ファイバ径の変動の発生、あるいは、光ファイバの曲がりの悪化も抑制することができる。

【0017】

また、ガス混在層を外気と区画するための隔壁を設け、隔壁に、少なくともHeガスを排出するためのガス排出部を形成し、ガス排出部から少なくともHeガスを外気に排出することが好ましい。このように隔壁を設けることで、外気の流れの乱れの影響が更に受け難くなり、光ファイバ径の変動の発生、あるいは、光ファイバの曲がりの悪化をより一層抑制することができる。また、隔壁に形成さ

れたガス排出部から少なくともHeガスを外気に排出することにより、線引き炉内でのHeガス雰囲気と保護管内での所定のガス雰囲気とを効率的に且つ確実に切替えることができる。

【0018】

また、隔壁に、所定のガスを導入するためのガス導入部を形成し、ガス導入部から所定のガスを隔壁内に導入することが好ましい。このように、隔壁に形成されたガス導入部から所定のガスを隔壁内に導入することにより、ガス排出部から積極的にHeガスが排出されることになり、線引き炉内にて発生するダストの保護管への侵入を更に抑制することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付しており、重複する説明は省略する。

【0020】

（第1実施形態）

まず、図1を参照しながら、本発明による光ファイバの製造方法及びこの製造方法に用いられる線引き装置の第1実施形態を説明する。

【0021】

線引き装置1は石英系光ファイバの線引き装置であって、線引き炉11、保護管21及び樹脂硬化部31を有し、これら線引き炉11、保護管21及び樹脂硬化部31は光ファイバ母材2を線引きする方向（図1において、上から下）に、線引き炉11、保護管21、樹脂硬化部31の順で配設されている。母材供給装置（図示せず）に保持された光ファイバ母材2を線引き炉11に供給し、線引き炉11内のヒータ12で光ファイバ母材2の下端を加熱・軟化させ、光ファイバ3を線引きする。線引き炉11の炉心管13には、Heガス供給部14からのHeガス供給通路15が接続されており、線引き炉11の炉心管13内がHeガスからなる雰囲気となるように構成されている。加熱線引きされた光ファイバ3は炉心管13内にて、Heガスにより冷却される。その後、光ファイバ3は、炉心管延長部16を通過する。Heガスの熱伝導率 λ （ $T=300\text{K}$ ）は、 150m

W/(m・K)である。

【0022】

保護管21は、炉心管延長部16との間に所定の間隔L1を有して設けられている。保護管21の線引き炉11側の端部には、線引き炉11内から流れてくるHeガス及び線引き炉11内にて発生するダストを排出するための複数の排出管22が形成されている。保護管21は外気と通じており、保護管21内が空気からなる雰囲気となるように構成されている。空気の熱伝導率 λ ($T=300\text{ K}$)は 26 mW/(m・K) であり、Heガスより低い熱伝導率を有している。なおHeガスより低い熱伝導率を有する所定のガスとして、空気を用いる代わりに、 N_2 あるいはAr等の分子量の比較的大きいガスを用いることが可能である。 N_2 あるいはAr等のガスを用いる場合には、第2ガスの供給源としてのガス供給部を、ガス供給通路を介して保護管21に接続するように構成することになる。また、排出管22は必ずしも形成する必要はない。なお、保護管21は、上述した特開平6-48780号公報に記載されている反応管のようにハーメチックコーティングを行うものではなく、保護管21に対して炭化水素等の原料ガスが供給されるようには構成されていない。また、保護管21内の矢印は、保護管21が光ファイバ3により温められるために発生する上昇流を示している。

【0023】

保護管21内においては、光ファイバ3は空気により冷却される。したがって、保護管21における冷却は、加熱線引きされた光ファイバ3において温度が $1200\sim 1700^\circ\text{C}$ となる部分のうち、光ファイバ3の温度差が 50°C 以上となる区間、例えば、光ファイバ3の温度が $1500\sim 1700^\circ\text{C}$ となる部分（温度差が 200°C となる区間）が、Heガスでの冷却速度（ $20000\sim 30000^\circ\text{C}/\text{秒程度}$ ）よりも遅い冷却速度（ $4000\sim 6000^\circ\text{C}/\text{秒程度}$ ）で冷却することにより行われる。

【0024】

保護管21の設置位置及び光ファイバ母材2の線引き方向（図1において、上下方向）での全長は、上述した光ファイバ3の温度が $1200\sim 1700^\circ\text{C}$ となる部分のうち光ファイバ3の温度差が 50°C 以上となる区間が、保護管21に位

置して冷却されるように、線引き速度を考慮して設定されている。ここで、線引き速度を考慮する必要があるのは、線引き速度が速くなることにより、光ファイバ3の同じ温度となる位置が下方に下がるためである。

【0025】

炉心管延長部16と保護管21との間には、緩衝室41が設けられており、この緩衝室41の光ファイバ3の線引き方向における長さは、図1に示されるように、ほぼL1とされている。なお、炉心管延長部16と緩衝室41との間には若干の間隙が存在しており、炉心管延長部16と緩衝室41とは直結されてはいない。緩衝室41は、第1緩衝室42と第2緩衝室45とで構成されている。緩衝室41（第1緩衝室42及び第2緩衝室45）の内部空間は、線引き炉11（炉心管13）内の雰囲気ガスであるHeガスと、保護管21内の雰囲気ガスである空気とが混在している。ここで、緩衝室41（第1緩衝室42及び第2緩衝室45）は、各請求項におけるガス混在層を構成している。

【0026】

第1緩衝室42は、光ファイバ3が通る内部空間を外気と区画するための隔壁43を有しており、この隔壁43には、線引き炉11内から流れてくるHeガス及び線引き炉11内にて発生するダストを排出するための複数の排出穴44が形成されている。第2緩衝室45は、光ファイバ3が通る内部空間を外気と区画するための隔壁46を有しており、この隔壁46には、線引き炉11内から流れてくるHeガス及び線引き炉11内にて発生するダストを排出するための複数の排出管47が形成されている。

【0027】

第1緩衝室42と第2緩衝室45とは、仕切り壁48により仕切られている。仕切り壁48には、光ファイバ3が通る光ファイバ通過穴49が形成されている。光ファイバ通過穴49の内径は4～5mm程度に設定されており、第1緩衝室42から第2緩衝室45へのHeガス及び線引き炉11内にて発生するダストの侵入を抑制するようになっている。また、第2緩衝室45と保護管21とは、仕切り壁50により仕切られている。仕切り壁50には、光ファイバ3が通る光ファイバ通過穴51が形成されている。光ファイバ通過穴51は、光ファイバ通過

穴 4 9 と同様に、内径が 4 ～ 5 mm 程度に設定されており、第 2 緩衝室 4 5 から保護管 2 1 への He ガス及び線引き炉 1 1 内にて発生するダストの侵入を抑制するようになっている。なお、排出管 4 7 あるいは排出管 2 2 から N₂ ガス等を供給することにより、積極的に線引き炉 1 1 内から流れてくる He ガス及び線引き炉 1 1 内にて発生するダストを排出するように構成してもよい。このとき、排出管 2 2, 4 7 は複数設け、N₂ ガス等を供給する管と、供給された N₂ ガス等及び線引き炉 1 1 内から流れてくる He ガス等が排出される管とする。ここで、排出穴 4 4、排出管 4 7 及び排出管 2 2 は、各請求項におけるガス排出部を構成している。

【0028】

炉心管延長部 1 6 から出た光ファイバ 3 は、続いて緩衝室 4 1 (第 1 緩衝室 4 2 及び第 2 緩衝室 4 5) に入り、緩衝室 4 1 (第 1 緩衝室 4 2 及び第 2 緩衝室 4 5) により外気と接触が抑制された状態で、保護管 2 1 に入る。光ファイバ 3 において温度が 1200 ～ 1700℃ となる部分のうちの光ファイバ 3 の温度差が 50℃ 以上となる区間が保護管 2 1 内にて冷却されるように、光ファイバ 3 の緩衝室 4 1 (第 1 緩衝室 4 2) への入線温度は、1400 ～ 1800℃ の範囲内の温度とされている。なお、光ファイバ 3 の緩衝室 4 1 (第 1 緩衝室 4 2) への入線温度は、特に、1600 ～ 1800℃ の範囲内の温度に設定することが望ましい。このように、入線温度を 1600 ～ 1800℃ の範囲内の温度とすることにより、比較的温度の高い状態から冷却速度を遅くした冷却が可能となり、レイリー散乱強度を更に低減して伝送損失が一層低くされた光ファイバ 3 を製造することができる。なお、光ファイバ 3 の保護管 2 1 への入線温度で規定する場合には、この保護管 2 1 への入線温度を 1500 ～ 1800℃ の範囲内の温度に設定することが望ましい。

【0029】

保護管 2 1 を出た光ファイバ 3 は、外径測定器 6 1 により外径がオンライン測定され、その測定値が光ファイバを引き取る装置 (図示せず) を回転駆動する駆動モータ (図示せず) にフィードバックされて外径が一定となるように制御される。その後、光ファイバ 3 に、コーティングダイス 6 2 により UV 樹脂 6 3 を塗

布し、樹脂硬化部 31 の UV ランプ 32 により UV 樹脂 63 が硬化され、光ファイバ素線 4 となる。そして、光ファイバ素線 4 は、ガイドローラ 64 を経て、ドラムにより巻き取られる。なお、UV 樹脂 63 の代わりに熱硬化樹脂を用い、この熱硬化樹脂を加熱炉により硬化させるように構成してもよい。

【0030】

(第 2 実施形態)

次に、図 2 を参照しながら、本発明による光ファイバの製造方法及びこの製造方法に用いられる線引き装置の第 2 実施形態を説明する。第 2 実施形態は、緩衝室の構造が第 1 実施形態と異なっている。

【0031】

線引き装置 101 においては、炉心管延長部 16 と保護管 21 との間に緩衝室 141 が設けられており、この緩衝室 141 の光ファイバ 3 の線引き方向における長さは、図 2 に示されるように、 L_3 とされている。緩衝室 141 の内部空間は、線引き炉 11 (炉心管 13) 内の雰囲気ガスである He ガスと、保護管 21 内の雰囲気ガスである空気とが混在している。ここで、緩衝室 141 は、各請求項におけるガス混在層を構成している。なお、排出管 22 は必ずしも設ける必要はない。

【0032】

緩衝室 141 は、光ファイバ 3 が通る内部空間を外気と区画するための隔壁 142 を有しており、この隔壁 142 には、 N_2 ガスを緩衝室 141 内に導入するための導入管 143 が形成されている。この N_2 ガスは、 N_2 ガス供給部 151 から N_2 ガス供給通路 152 を介して導入管 143 に送られる。また、隔壁 142 には、線引き炉 11 内から流れてくる He ガス及び線引き炉 11 内にて発生するダストを排出するための排出管 144 も形成されている。緩衝室 141 と保護管 21 とは、仕切り壁 145 により仕切られている。この仕切り壁 145 には、光ファイバ 3 が通る光ファイバ通過穴 146 が形成されている。光ファイバ通過穴 146 は、内径が 4~5 mm 程度に設定されている。また、緩衝室 141 内に導入する所定のガスは、 N_2 ガスに限られず、空気等を用いるようにしてもよい。緩衝室 141 に導入したガスは大部分が排出管 144 から排出される。なお、N

He ガス等を導入するのは、 He ガス等が保護管 21 に流入しないようにするためであり、保護管 21 を N_2 ガス等を満たすためではない。

【0033】

次に、図 3 に基づいて、上述した線引き装置 1，101 を用いて行った実験の結果について説明する。これらの実験において共通の条件は、以下のとおりである。線引きする光ファイバ母材 2 として、コア部が純石英ガラスからなり、クラッド部がフッ素添加ガラスからなり、外径が 70 mm のものを用い、光ファイバ母材 2 から外径 125 μm の光ファイバ 3 を線引きした。線引き炉の温度は、炉心管内周面（光ファイバ母材 2 あるいは光ファイバ 3 の表面と対向する面）の表面温度で 2000℃程度とした。

【0034】

実施例 1 及び実施例 2 は、上述した第 1 及び第 2 実施形態に係る光ファイバの製造方法による実施例であり、比較例 1～比較例 4 は、上述した第 1 及び第 2 実施形態に係る光ファイバの製造方法による実施例との対比のために行った比較例である。

【0035】

（実施例 1）

第 1 実施形態における線引き装置 1 を用いて、線引き速度を 400 m/分として光ファイバ 3 の線引きを行った。保護管 21 の内周直径を 30 mm に設定し、全長を 1000 mm に設定した。緩衝室 41 の光ファイバ 3 の線引き方向における長さ L_1 は 100 mm とし、炉心管延長部 16 の光ファイバ 3 の線引き方向における長さ L_2 は 50 mm とした。なお、緩衝室 41 に入る直前の光ファイバの温度（入線温度）は、光ファイバの表面温度で 1800℃と推定され、保護管 21 に入る直前の光ファイバの温度（入線温度）は、光ファイバの表面温度で 1650℃と推定される。保護管 21 においては、線引きされた光ファイバ 3 のうち温度が 1650～1000℃となる部分が、保護管 21 の全長である 1000 mm の区間において平均約 4300℃/秒の速度にて冷却されたことになる。また、炉心管延長部 16 内での He ガス濃度は 100% であり、緩衝室 41 では徐々に低下し（ He ガス濃度は 0～100%）、保護管 21 内では 0%（空気の濃度

が100%)であった。

【0036】

線引きされた光ファイバの伝送損失(波長1.55 μm の光に対する伝送損失)を測定したところ、0.170 dB/kmであり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、0.85 dB μm^4 /kmであった。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 0.15 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 0.15 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は0%であった。ここで、「曲がり異常率」とは、光ファイバの異なる箇所にて曲率半径を測定して、所定の曲率半径(本実施例では、4.2 m)以上の部分を不良として、測定箇所の数n(本実施例では、 $n=10$)に対する不良が検出された箇所の数の比率を百分率にて表したものである。

【0037】

(実施例2)

第2実施形態における線引き装置101を用いて、線引き速度を400 m/分として光ファイバ3の線引きを行った。保護管21の内周直径を30 mmに設定し、全長を1000 mmに設定した。緩衝室41の光ファイバ3の線引き方向における長さL3は50 mmとし、炉心管延長部16の光ファイバ3の線引き方向における長さL2は50 mmとした。なお、緩衝室41に入る直前の光ファイバの温度(入線温度)は、光ファイバの表面温度で1800℃と推定され、保護管21に入る直前の光ファイバの温度(入線温度)は、光ファイバの表面温度で1720℃と推定される。保護管21においては、線引きされた光ファイバ3のうち温度が1720~1050℃となる部分が、保護管21の全長である1000 mmの区間において平均約4460℃/秒の速度にて冷却されたことになる。また、炉心管延長部16内でのHeガス濃度は100%であり、保護管21内では0%(空気の濃度が100%)であった。

【0038】

線引きされた光ファイバの伝送損失(波長1.55 μm の光に対する伝送損失)を測定したところ、0.170 dB/kmであり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、0.85 dB μm^4 /kmであっ

た。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 0.15 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 0.15 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は0%であった。

【0039】

(比較例1)

図4に示されるように、緩衝室41、141を取り外した構成にて光ファイバの線引きを行った。炉心管延長部16と保護管21との間隔L4は50mmとし、炉心管延長部16の光ファイバ3の線引き方向における長さL2は50mmとした。その他の実験条件は、実施例1と同じである。

【0040】

線引きされた光ファイバの伝送損失（波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失）を測定したところ、 0.172 dB/km であり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、 $0.86 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 0.4 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 0.4 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は20%であった。

【0041】

(比較例2)

図5に示されるように、保護管21を取り外した構成にて光ファイバの線引きを行った。炉心管延長部16の光ファイバ3の線引き方向における長さL5は0.5mmとした。その他の実験条件は、実施例1と同じである。

【0042】

線引きされた光ファイバの伝送損失（波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失）を測定したところ、 0.175 dB/km であり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、 $0.87 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 0.15 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 0.15 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は0%であった。

【0043】

(比較例 3)

保護管 21 がない構成にて光ファイバの線引きを行った。炉心管延長部 16 の光ファイバ 3 の線引き方向における長さ L_2 は 50 mm とした。その他の実験条件は、実施例 1 と同じである。

【0044】

線引きされた光ファイバの伝送損失（波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失）を測定したところ、 0.170 dB/km であり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、 $0.85 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 1 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 1 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は 30% であった。

【0045】

(比較例 4)

実施例 1 の実験条件のうち線引き速度の設定のみを変更して光ファイバの線引きを行った。線引き速度は、 100 m/分 に設定した。なお、緩衝室 41 に入る直前の光ファイバの温度（入線温度）は、光ファイバの表面温度で 1300°C と推定され、保護管 21 に入る直前の光ファイバの温度（入線温度）は、光ファイバの表面温度で 1000°C と推定される。

【0046】

線引きされた光ファイバの伝送損失（波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失）を測定したところ、 0.175 dB/km であり、この伝送損失の波長特性を測定したデータから求めたレイリー散乱率は、 $0.87 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ であった。線引きされた光ファイバの外径を測定したところ、 $125 \pm 0.15 \mu\text{m}$ であり、光ファイバ径の変動は $\pm 0.15 \mu\text{m}$ であった。また、「曲がり異常率」は 0% であった。

【0047】

以上のように、実施例 1 及び実施例 2 においては、レイリー散乱率が $0.85 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失が 0.170 dB/km となり、炉心管延長部 16 の長さを長くした比較例 2 のレイリー散乱率が 0

、 $87 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失が $0.175 \text{ dB}/\text{km}$ と比べて、レイリー散乱率を低減して、伝送損失を低減することができた。

【0048】

また、実施例 1 及び実施例 2 においては、光ファイバ径の変動が $\pm 0.15 \mu\text{m}$ 、「曲がり異常率」が 0% となり、緩衝室 41 を取り外して線引き炉 11 と保護管 21 との間に間隔 L4 を有した状態で線引きを行った比較例 1 の光ファイバ径の変動が $\pm 0.4 \mu\text{m}$ 、「曲がり異常率」が 20%、及び、保護管 21 を取り外した比較例 1 の光ファイバ径の変動が $\pm 1 \mu\text{m}$ 、「曲がり異常率」が 30% と比べて、光ファイバ径の変動の発生、及び、光ファイバの曲がりの悪化を抑制することができた。

【0049】

また、比較例 4 においては、レイリー散乱率が $0.85 \text{ dB} \mu\text{m}^4/\text{km}$ 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光に対する伝送損失が $0.175 \text{ dB}/\text{km}$ となり、線引き速度を $400 \text{ m}/\text{分}$ とした実施例 1 よりも伝送損失が高くなっている。これは、比較例 4 では線引き速度が $100 \text{ m}/\text{分}$ と遅いため、光ファイバ 3 が He ガスにより炉心管延長部 16 を出るまでに急冷されたためと考える。

【0050】

このように、上述した実験結果からも明らかなように、本実施形態に係る光ファイバの製造方法においては、保護管 21 を炉心管延長部 16 との間に所定の間隔を有して設け、更に、この保護管 21 と線引き炉 11 との間の間隔を、He ガス及び空気が混在するガス混在層（緩衝室 41, 141）としているため、線引き炉 11 内においては He ガスからなる雰囲気が保たれ、緩衝室 41, 141 内では He ガスと空気が混在し、また、保護管 21 内においては空気からなる雰囲気が保たれることになり、保護管 21 内での光ファイバの冷却速度を遅くすることができる。特に、線引きされた光ファイバ 3 のガス混在層への入線温度を、 $1400 \sim 1800^\circ\text{C}$ の範囲内の温度としているため、光ファイバ 3 の温度が $1200 \sim 1700^\circ\text{C}$ となっている部分のうちの所定区間での冷却速度が遅くなる。この結果、光ファイバ 3 の構造緩和が短時間の内に進行し、原子配列の乱雑さが

低減されることになり、加熱線引きから樹脂被覆までの極めて短い間で、レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くされた光ファイバ 3 の製造が可能となる。なお、より一層レイリー散乱強度を低減して伝送損失が低くするためには、線引きされた光ファイバ 3 のガス混在層への入線温度を、 $1600 \sim 1800^{\circ}\text{C}$ の範囲内に設定することが好ましい。

【0051】

また、保護管 2 1 と線引き炉 1 1 との間にガス混在層が存在しているため、線引き炉 1 1 内にて発生するダストの保護管 2 1 内への侵入を抑制することができると共に、線引き炉 1 1 と保護管 2 1 との間での外気の流れの乱れの影響が受け難くなり、光ファイバ径の変動の発生、あるいは、光ファイバ 3 の曲がりの悪化も抑制することができる。

【0052】

また、緩衝室 4 1（第 1 緩衝室 4 2 及び第 2 緩衝室 4 5）は、複数の排出穴 4 4 が形成された隔壁 4 3、及び、複数の排出管 4 7 が形成された隔壁 4 6 とを有しているので、外気の流れの乱れの影響をより確実に抑え、光ファイバ径の変動の発生、あるいは、光ファイバ 3 の曲がりの悪化をより一層抑制することができる。

【0053】

また、隔壁 4 3 に形成された排出穴 4 4、隔壁 4 6 に形成された排出管 4 7 及び保護管 2 1 に形成された排出管 2 2 から He ガス及び線引き炉 1 1 内にて発生するダストを外気に排出することにより、線引き炉 1 1 内での He ガスからなる雰囲気と保護管 2 1 内での空気からなる雰囲気とを効率的に且つ確実に切替えることができる。

【0054】

また、緩衝室 1 4 1 を外気と区画するための隔壁 1 4 2 に、 N_2 ガス供給部 1 5 1 から N_2 ガス供給通路 1 5 2 を介して送られる N_2 ガスを導入するための導入管 1 4 3 を形成し、この導入管 1 4 3 から緩衝室 1 4 1 内に N_2 ガスを導入することにより、同じく隔壁 1 4 2 に形成された排出管 1 4 4 から線引き炉 1 1 内から流れてくる He ガス及び線引き炉 1 1 内にて発生するダストが積極的に排出さ

れることになり、線引き炉 1 1 内にて発生するダストの保護管 2 1 への侵入を更に抑制することができる。

【0 0 5 5】

なお、第 1 実施形態においては、線引き装置 1 における緩衝室 4 1 を第 1 緩衝室 4 2 及び第 2 緩衝室 4 5 にて構成しているが、これに限られることなく、3 室以上の緩衝室を設けるように構成してもよい。

【0 0 5 6】

また、第 1 及び第 2 実施形態において、炉心管延長部 1 6 と保護管 2 1 との間にガス混在層がある限り、緩衝室 4 1, 1 4 1 自体を、必ずしも設ける必要はない。この場合には、線引き炉 1 1 (炉心管延長部 1 6) と保護管 2 1 とを近接して設ける、たとえば線引き炉 1 1 (炉心管延長部 1 6) と保護管 2 1 との間隔 L 1 を 1 0 mm 程度とすることにより、線引き炉 1 1 と保護管 2 1 との間の空間が、線引き炉 1 1 (炉心管 1 3) 内の雰囲気ガスとなる He ガス及び保護管 2 1 内の雰囲気ガスとなる所定のガス (空気又は N₂ ガス等) が混在したガス混在層とされて、実質的に外気から区画された状態となり、緩衝室 4 1, 1 4 1 を設けた場合と同様の作用効果を奏することになる。但し、緩衝室 4 1, 1 4 1 内の圧力を外気圧よりも高くして、外気の流れの乱れを受け難くすることを確実に行うことができるという点で、緩衝室 4 1, 1 4 1 を設けた構成を採用する方が好ましい。

【0 0 5 7】

また、本発明は、上述した実施例において用いた、コア部が純石英ガラスからなり、クラッド部がフッ素添加ガラスからなる光ファイバ母材以外に、たとえばコア部に Ge が添加された Ge 添加光ファイバ母材の線引きに対しても適用することができる。

【0 0 5 8】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、線引き炉内の雰囲気ガスとして熱伝導率の高い He ガスを用いた場合においても、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバを製造することが可能な光ファイバの製

造方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による光ファイバの製造方法の第 1 実施形態を示す概略説明図である。

【図 2】

本発明による光ファイバの製造方法の第 2 実施形態を示す概略説明図である。

【図 3】

本発明による光ファイバの製造方法による実施例と比較例を示す図表である。

【図 4】

比較例による光ファイバの製造方法を示す概略説明図である。

【図 5】

比較例による光ファイバの製造方法を示す概略説明図である。

【図 6】

レイリー散乱率と光ファイバの冷却速度との関係を示す図表である。

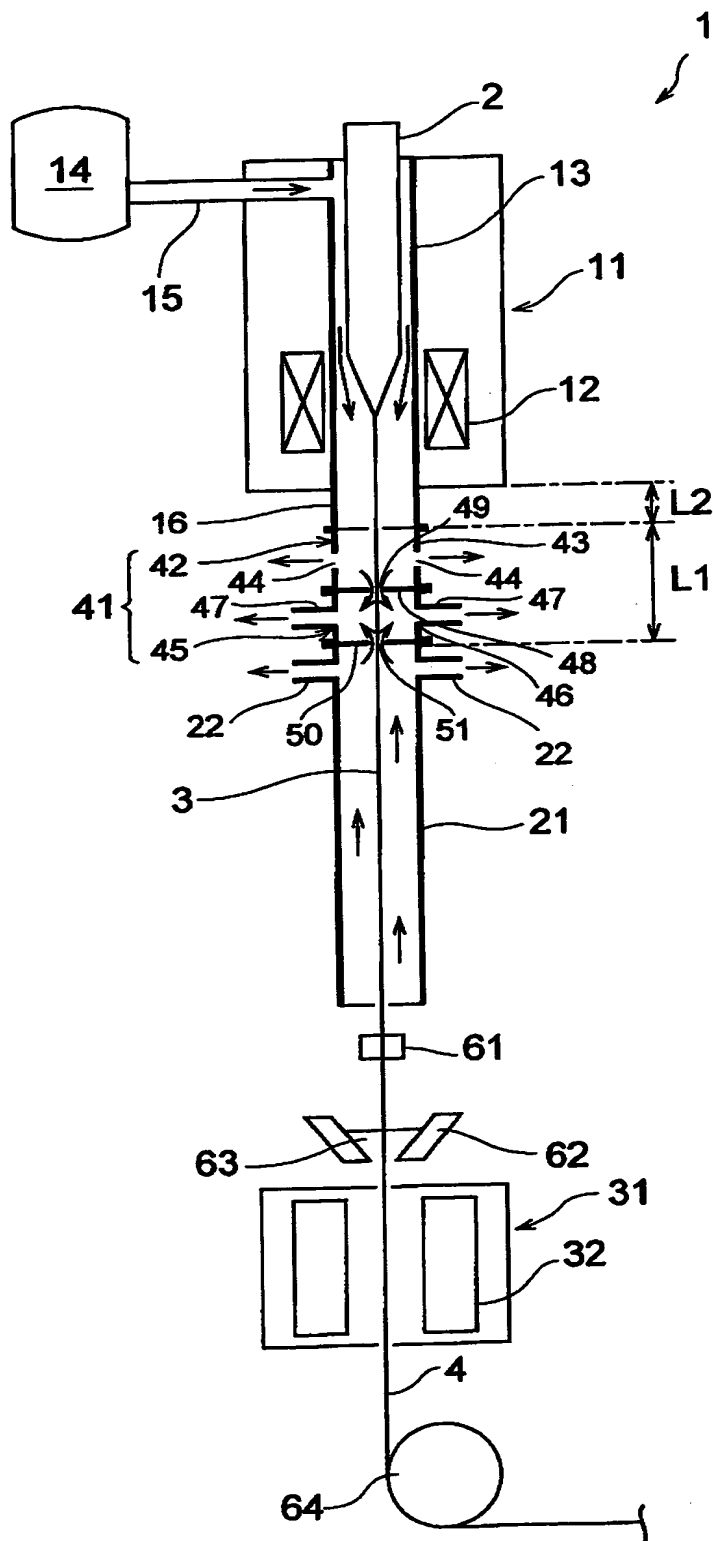
【符号の説明】

1, 1 0 1 …線引き装置、2 …光ファイバ母材、3 …光ファイバ、4 …光ファイバ素線、1 1 …線引き炉、1 2 …ヒータ、1 3 …炉心管、1 4 …He ガス供給部、1 5 …He ガス供給通路、1 6 …炉心管延長部、2 1 …保護管、2 2 …排出管、4 1, 1 4 1 …緩衝室、4 2 …第 1 緩衝室、4 3, 4 6, 1 4 2 …隔壁、4 4 …排出穴、4 5 …第 2 緩衝室、4 7, 1 4 4 …排出管、4 8, 5 0, 1 4 5 …仕切り壁、4 9, 5 1, 1 4 6 …光ファイバ通過穴、1 4 1 …緩衝室、1 4 3 …導入管、1 5 1 …N₂ ガス供給部、1 5 2 …N₂ ガス供給通路。

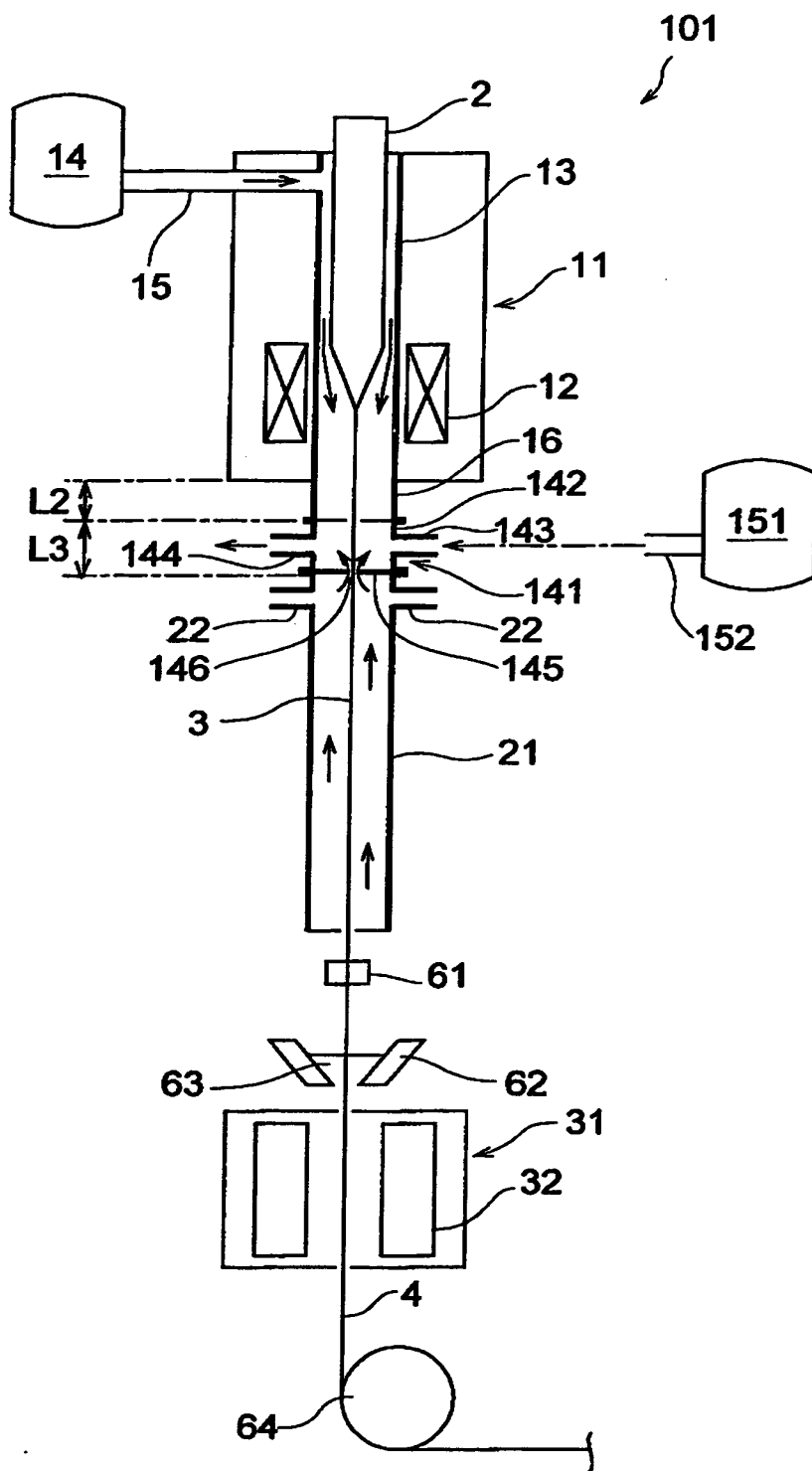
【書類名】

図面

【図 1】



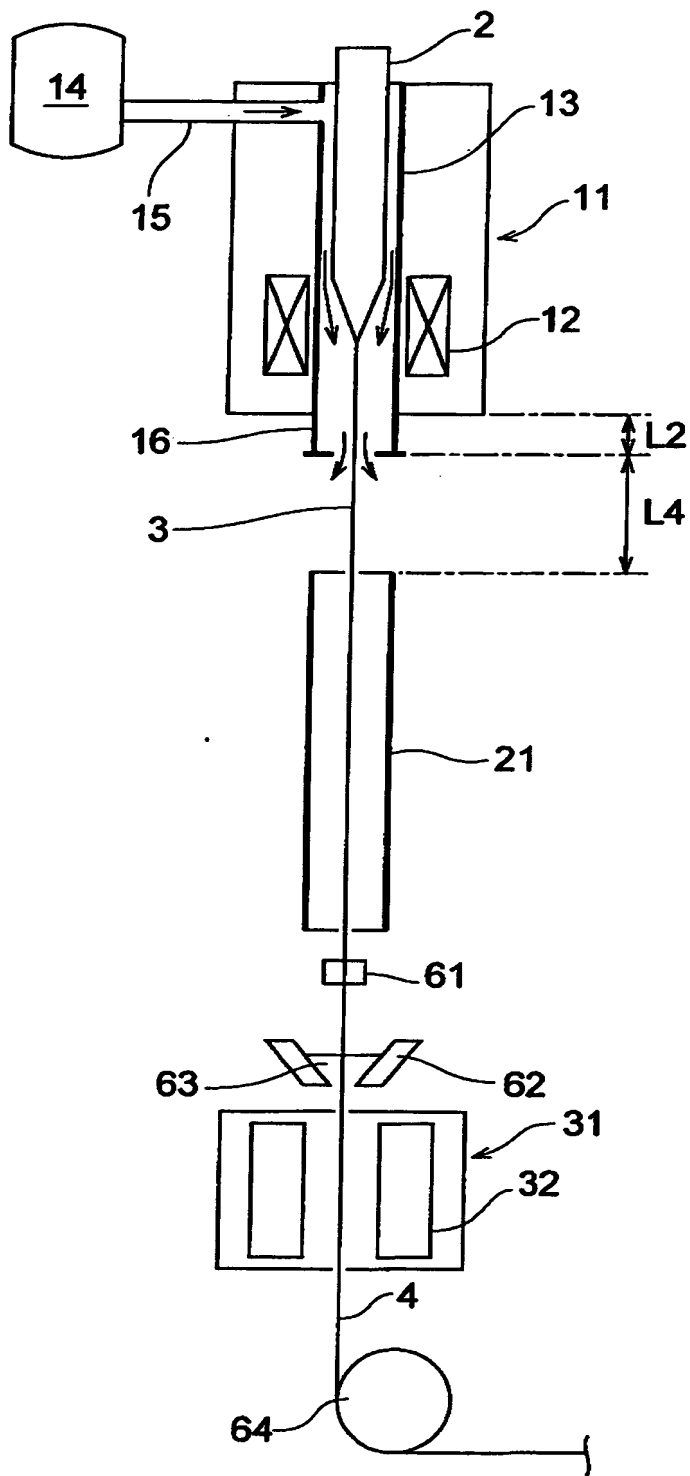
【図 2】



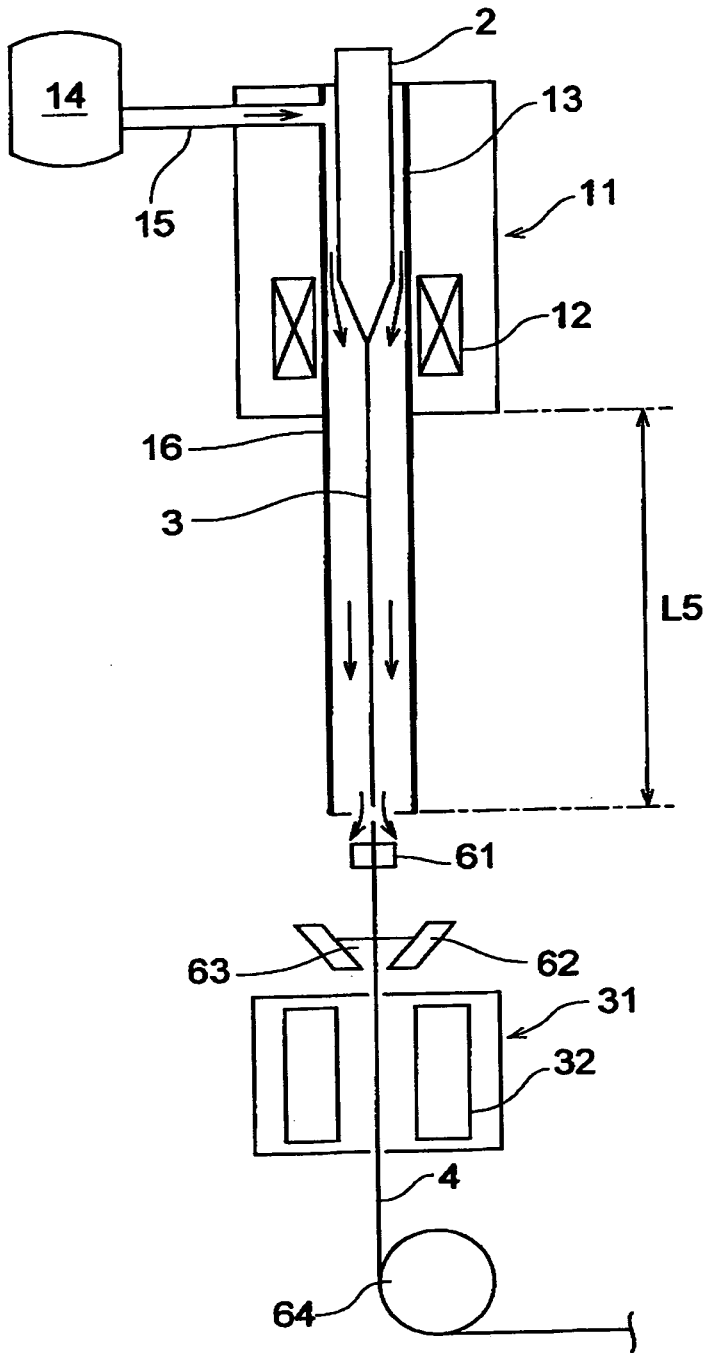
【図 3】

	線引き速度 (m/分)	緩衝室への 入線温度 (°C)	光ファイバ径の変動 (μm)	曲り異常率 (%)	伝送損失 (dB/km)	レーザー散乱係数 (dB $\mu\text{m}^4/\text{km}$)
実施例1	400	1800	± 0.15	0	0.170	0.85
実施例2	400	1800	± 0.15	0	0.170	0.85
比較例1	400	—	± 0.4	20	0.172	0.86
比較例2	400	—	± 0.15	0	0.175	0.87
比較例3	400	—	± 1	30	0.170	0.85
比較例4	100	1300	± 0.15	0	0.175	0.87

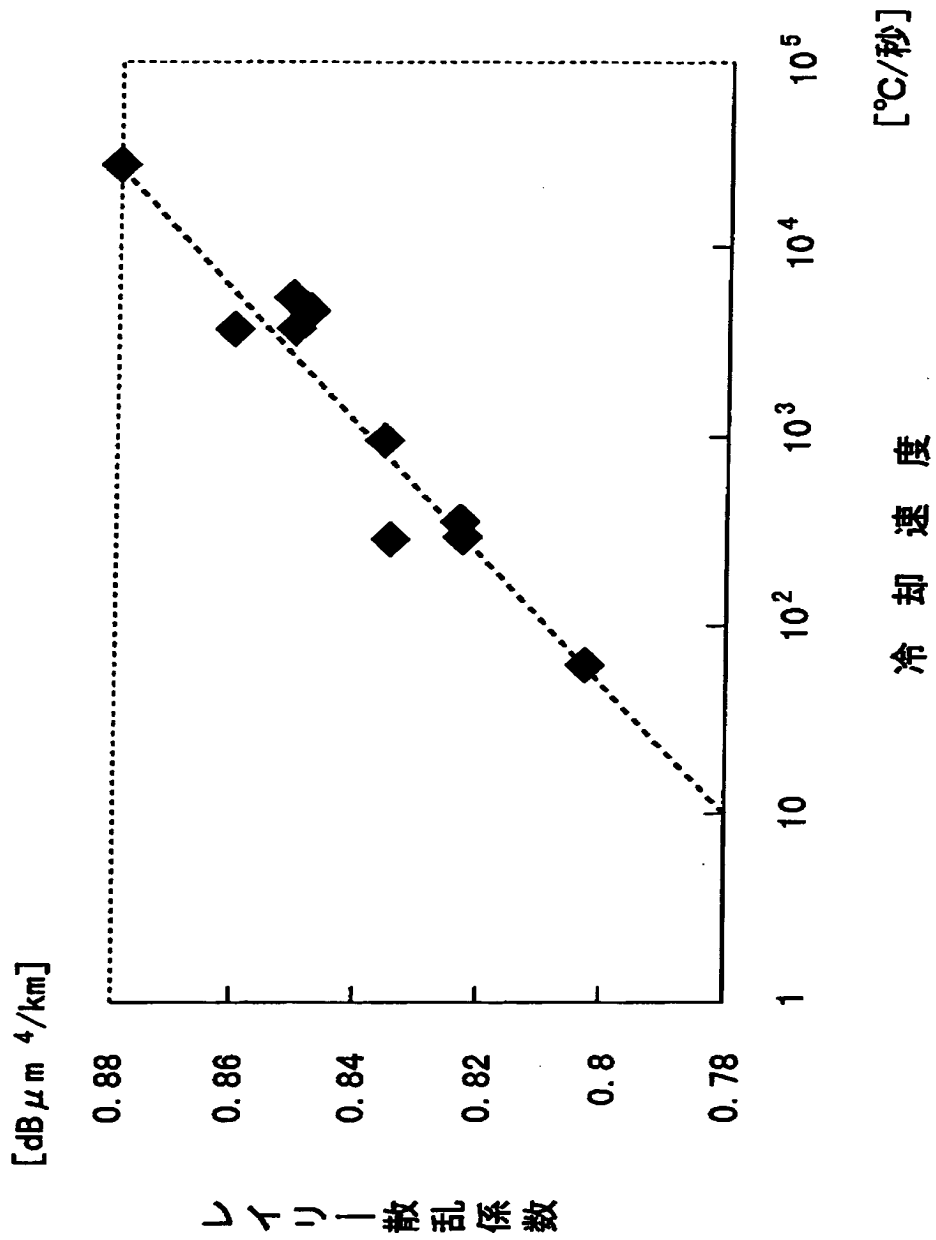
【図 4】



【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 線引き炉内の雰囲気ガスとして熱伝導率の高いHeガスを用いた場合において、レイリー散乱強度の低減により、伝送損失が低くされた光ファイバを製造することが可能な光ファイバの製造方法を提供すること。

【解決手段】 線引き炉 1 1 と保護管 2 1 との間には、緩衝室 4 1 が設けられており、この緩衝室 4 1 の光ファイバ 3 の線引き方向における長さは、L 1 とされている。緩衝室 4 1 は、第 1 緩衝室 4 2 と第 2 緩衝室 4 5 とで構成されている。緩衝室 4 1（第 1 緩衝室 4 2 及び第 2 緩衝室 4 5）の内部空間は、線引き炉 1 1（炉心管 1 3）内の雰囲気ガスであるHeガスと、保護管 2 1 内の雰囲気ガスである空気とが混在している。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名 住友電気工業株式会社



10